

# Evaluación del efecto de la práctica agrícola de no quema en el almacenamiento de carbono y la fertilidad de suelos en las comunidades de Las Cámaras y Sabana Larga, Estelí, Nicaragua

Fanny Patricia Ruíz Rivas  
Alan Alfredo Somarriba González



Cuaderno N° 13  
Colección Naturaleza

*Cuadernos de Investigación de la UCA* es una publicación de la Dirección de Investigación de la Universidad Centroamericana (UCA). Los trabajos publicados en los *Cuadernos* expresan las opiniones de sus autores y no necesariamente la de la Dirección de Investigación de la UCA. Su contenido puede ser reproducido, citando la fuente y enviando copia de lo publicado a la siguiente dirección: *Cuadernos de Investigación de la UCA*. Dirección de Investigación. Apartado postal 69. Fax: (505) 267-0106. Teléfono: (505) 278-3923 al 3927 - Ext. 192 y 236. Managua, Nicaragua. Correo electrónico: [ucapubli@ns.uca.edu.ni](mailto:ucapubli@ns.uca.edu.ni)

**Director**

*P. Eduardo Valdés S. J.*

**Asistentes de edición**

*Iván Marín Argüello*

*Felipe Martínez Sánchez*

*Rolando Mena Hernández*

*Regina Belli Montiel*

**Mercadeo y distribución**

*Rogerio Medina*

**Impresión**

*Centro Digital XEROX - UCA*

**Diseño y diagramación**

*Alejandro E. Bermúdez Ortega*

*Xerox de Nicaragua*

La Universidad Centroamericana (UCA) de Managua es una universidad privada de servicio público e inspiración cristiana, administrada por los jesuitas. Fue fundada en 1960.

Además de la Dirección de Posgrado, la UCA posee cinco Facultades: Humanidades, Ciencias Jurídicas, Ciencias Económicas y Empresariales, Comunicación, y Ciencia y Tecnología del Ambiente.

También forman parte de la Universidad, el *Instituto de Investigación y Desarrollo "Nitlapán"*, el *Instituto de Historia de Nicaragua y Centroamérica (IHNCA)*, el *Centro de Análisis Socio Cultural (CASC)*, el *Programa de Promoción de la Reforma Educativa de América Latina (PREAL)*, el *Instituto de Encuestas y Sondeo de Opinión (IDESO)*, el *Centro de Investigación y Documentación de la Costa Atlántica (CIDCA)*, el *Instituto Juan XXIII*, el *Centro de Investigación del Camarón (CIC)*, el *Centro de Malacología*, la *Estación Solar VADSTENA-UCA* y el *Centro de Biología Molecular (CBM)*.

# ÍNDICE

<b>I. Introducción.....</b>	<b>3</b>
<b>II. Conceptos básicos.....</b>	<b>4</b>
1. Sistema de cultivo.....	4
2. Prácticas agrícolas.....	4
3. Almacenamiento de carbono.....	4
4. Cambio climático global.....	4
5. Gases de efecto invernadero.....	4
6. El dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ).....	5
7. Ciclo del carbono.....	5
8. Cambio de uso del suelo.....	5
9. Prácticas agrícolas.....	5
10. Fertilidad de suelos.....	6
11. Años de sucesión consecutiva.....	6
<b>III. Metodología.....</b>	<b>6</b>
1. Localización del área de estudio.....	6
2. Tipo de estudio.....	6
3. Universo y muestra.....	6
4. Estancia en comunidades.....	6
4.1. Fase decampo.....	6
4.2. Fase de selección de parcelas.....	7
4.3. Toma de muestra de suelos.....	7
5. Análisis de datos y variables.....	8
<b>IV. Resultados y discusión.....</b>	<b>8</b>
1. Ubicación de las comunidades en estudio.....	8
1.1. Los suelos predominantes.....	9
1.2. El carbono almacenado en los suelos.....	11
2. Relación entre Carbono Almacenado en el Suelo (CAS) y la pendiente del terreno.....	13
3. Relación entre Carbono Almacenado en el Suelo (CAS) y años de no quema.....	13
4. Relación entre Carbono Almacenado en el Suelo (CAS) y los años de sucesión consecutiva .....	16
5. La fertilidad de los suelos.....	16
6. Resultados de los análisis de suelo.....	19
<b>V. Conclusiones.....</b>	<b>29</b>
<b>VI. Recomendaciones.....</b>	<b>30</b>
- Agradecimientos .....	31
<b>VII. Bibliografía.....</b>	<b>32</b>
- Anexos.....	33

## Resumen

La preocupación general por el aumento en la concentración de  $\text{CO}_2$  y su impacto en los sistemas terrestres, obliga a buscar mecanismos para mitigar sus efectos. En esta dirección, este trabajo pretende evaluar el efecto de la práctica de no quema de parcelas agrícolas en el almacenamiento de carbono y en la fertilidad de los suelos.

Para la realización de este trabajo fue necesario hacer uso de la metodología de cronosecuencias. Ésta consiste en hacer una re- construcción histórica del uso de las parcelas agrícolas en que el agricultor tiene dividida su finca. Sin embargo, esta metodología demostró ser limitada pues los datos obtenidos se basaron en una exploración de la memoria de los productores, sin acceso a parámetros de comprobación, debido principalmente a la falta de registros de las prácticas agrícolas por parte de los productores.

Los resultados obtenidos muestran que el almacenamiento de carbono y la fertilidad de los suelos dependen de factores como el clima, la topografía, la pendiente del terreno y la textura de los suelos, entre otros. Estos factores se interrelacionan entre sí, de modo que el almacenamiento de carbono no depende solamente de la práctica agrícola de no quema, siendo el factor más influyente la pendiente del terreno. También se encontró que existe una relación directa, que no fue posible cuantificar entre el contenido de materia orgánica y los años de no quema, y que esta práctica mejora o mantiene los niveles de fertilidad del suelo, especialmente el contenido de materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico.

## Abstract

The general concern for the raise in the concentration of  $\text{CO}_2$  and its impact in the terrestrial systems, make them look for mechanisms to mitigate the effects. For this reason, the present work intends to evaluate the effect of no burning practices in the agrarian parcels in the carbon storage and in the fertility of soils.

To perform this work it was necessary to use the chronological methodology consisting in historical reconstruction of the use of agricultural parcels in which the producers have de-vided their farms. This methodology has limitations in regards to the date obtained on the fields, because they were based on the exploration of the producer's memory, without having the corroborating parameters.

The results obtained show that the carbon storage and the fertility of soils depends on certain factors such as: the weather, topography, gradient of the land, texture; which have closed interactions; and it doesn't depend only on the agricultural practice of no burning, but being the most influential the gradient of the land. Also, we found that there is a direct relationship ( which wasn't possible to quantitative) between the content of the organic material and time of no burning (in years). Also, this practice improves or maintains the fertility levels of soil specially the content of the organic material and the capacity of the cationic interaction.



## I. Introducción

El cambio climático es uno de los temas ambientales graves y tal vez el más controvertido (Locatelli, 1999). El clima de un lugar está caracterizado por el tiempo que generalmente hace en ese mismo lugar, pero puede ser perturbado por causas naturales como, por ejemplo, las variaciones cíclicas de la intensidad solar, las erupciones volcánicas y las variaciones en la órbita terrestre alrededor del sol, entre otras (Rapidel *et al.* 1999).

En los últimos años, ha surgido una preocupación a nivel mundial sobre la constante elevación de la temperatura media global de la tierra. Este aumento de la temperatura, que va más allá de las variaciones "naturales", es lo que actualmente se conoce como "Cambio Climático" y se debe al incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) hacia la atmósfera. Estos gases son, por orden de importancia, el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), seguido por el metano ( $\text{CH}_4$ ), en menores cantidades el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), y los Cloro Fluoro Carbonos (CFC's y HCFC's) en cantidades muy pequeñas. La mayoría de estas emisiones son provocadas por actividades humanas, principalmente la quema de petróleo, la deforestación, las actividades industriales, las actividades agropecuarias como la quema de parcelas agrícolas para un nuevo ciclo de cultivo o como producto del avance de la frontera agrícola, el cultivo de arroz y la cría de ganado y el manejo de desechos, entre otros. (Rapidel *et al.* 1999).

La mayoría de los sistemas de vida, como los sistemas ecológicos naturales, los sistemas socioeconómicos y la salud humana, son sensibles a la magnitud y a la velocidad del cambio climático. La vulnerabilidad aumenta al disminuir la capacidad de adaptación a los

cambios climáticos y se agudiza en los países subdesarrollados donde las circunstancias económicas e institucionales son menos favorables. Es en los países empobrecidos como Nicaragua, donde la salud humana, los sistemas socioeconómicos y, en menor grado, los ecológicos que dependen de las circunstancias económicas y las infraestructuras institucionales, son aún más vulnerables.

La agricultura es, probablemente, el sector más vulnerable porque esta poco tecnificado, debido al elevado costo de las nuevas tecnologías, la poca capacidad económica del campesinado para su adquisición, las costumbres socioculturales y la baja integración al mercado. Además, la adopción de nuevas tecnologías en este sector es relativamente lenta (Rapidel *et al.* 1999).

En Nicaragua, la gran mayoría de los productores son campesinos pobres que utilizan el sistema de roza y quema para la limpieza y control de malezas de sus parcelas. De este modo, contribuyen al aumento de emisiones de gases, como el  $\text{CO}_2$ , a la atmósfera y a la reducción de la fertilidad de los suelos.

La preocupación general por el aumento en la concentración de  $\text{CO}_2$  y su impacto en el clima, obliga a buscar mecanismos para mitigar sus efectos.

Por tal razón, el Proyecto de Cambios Climáticos y el Proyecto Cambio de Uso de la Tierra y Flujos de Carbono para Centroamérica: opciones de manejo de carbono (LUCCAM) (Universidad de Helsinki, FINLANDIA / CATIE, Costa Rica), estudian el efecto de técnicas agrícolas como la quema de parcelas y los cambios de uso de la tierra

sobre la emisión de gases de efecto invernadero y sobre el medio ambiente, además de proponer prácticas alternativas que permitan contribuir al flujo de carbono.

En este trabajo se pretende evidenciar el efecto de la práctica agrícola de no quema en los aspectos de almacenamiento de carbono y fertilidad de suelos en las comunidades de Sabana Larga y Las Cámaras, Departamento de Estelí, Nicaragua.

## II. Conceptos básicos

Para comprender esta investigación, es necesario manejar los siguientes conceptos:

### 1. Sistema de cultivo

El sistema de cultivo es el conjunto de modalidades técnicas utilizadas sobre una superficie de terreno manejada de manera homogénea, que se caracteriza por la naturaleza de los cultivos, su orden de sucesión y los itinerarios técnicos aplicados (Sebillote 1982).

### 2. Prácticas agrícolas

Las prácticas agrícolas se definen como la forma mediante la cual un productor lleva a cabo una operación técnica para obtener un producto y un determinado rendimiento (Villaret 1994).

### 3. Almacenamiento de carbono

Segura (1999) define almacenamiento de carbono como "la capacidad que tienen los ecosistemas para almacenar o guardar el carbono en la biomasa".

### 4. Cambio climático global

El cambio climático está referido a una serie de transformaciones climáticas de alcance

planetario y, como consecuencia, a alteraciones en los ecosistemas de vida, como producto del efecto provocado por las actividades directas o indirectas de la acción humana, las cuales modifican la composición de la atmósfera terrestre y que se suman a la variabilidad natural del clima observado.

Es una consecuencia de la acumulación en la atmósfera de gases de efecto invernadero por causas de origen antrópico. El incremento de la concentración atmosférica de estos gases intensifica el efecto de invernadero natural de la atmósfera, determinando un calentamiento mayor de la tierra.

Según López (1998), las consecuencias del calentamiento global pueden ser muy variadas: cambios en el régimen de las precipitaciones, en el número de días libres de heladas, en la frecuencia y severidad de las tormentas, en el comportamiento y distribución de plantas y animales, y en los procesos de formación de suelos. Existe además, la posibilidad de que el nivel de los océanos pueda subir si llegaran a derretirse los casquetes polares (Ciesla 1996).

Los efectos del cambio climático podrían tener serias implicaciones en el futuro para la agricultura, la forestería y la pesca, como resultado de la alteración de los ciclos biogeoquímicos y la constante pérdida de la biodiversidad (López 1998).

### 5. Gases de efecto invernadero

Los gases de efecto invernadero (GEI) controlan el balance de energía de la tierra, al absorber parte de la radiación infrarroja emitida por su superficie.

Estos gases son escasos, ya que representan menos del uno por ciento de la atmósfera. Sus concentraciones atmosféricas resultan del balance entre sus fuentes (naturales y artifi-

ciales) y sus sumideros (procesos responsables de la destrucción o secuestro de estos gases). Estos gases tienen la particularidad de retener la radiación: dejan pasar la radiación solar, pero interceptan la radiación que es reflejada por la tierra y la remiten hacia ella (Rapidel et al. 1999). Para nuestro estudio sólo consideraremos el dióxido de carbono.

## 6. El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

El CO<sub>2</sub> es el mayor responsable del efecto invernadero provocado por el hombre (aproximadamente el 64% del calentamiento observado actualmente). Este gas está naturalmente presente en la atmósfera, pero en los últimos 150 años, las concentraciones de CO<sub>2</sub> han aumentado en un 30%, pasando de 285 partes por millón (ppm) en 1850, a 365 ppm en el presente. Actualmente, su concentración aumenta en un 10% cada 20 años, pero solamente el 48% del CO<sub>2</sub> emitido por las actividades humanas se acumula finalmente en la atmósfera (Rapidel et al. 1999).

## 7. Ciclo del carbono

La circulación básica del carbono comienza en la reserva atmosférica en la forma gaseosa como CO<sub>2</sub>, que se halla disuelto en el agua. De la atmósfera pasa a los productores primarios (plantas verdes), los cuales capturan el carbono en el proceso de fotosíntesis. El CO<sub>2</sub> es tomado de la atmósfera (o del agua donde está disuelto) y con el hidrógeno del agua es convertido en moléculas de carbohidratos que más tarde pueden transformarse en grasas, proteínas o hidratos de carbono más complejos (López 1998).

Estos mismos productores utilizan parte de las sustancias elaboradas (energéticas) para ser degradadas en sus células vivas; su energía es transferida a moléculas de ATP y cuando son degradadas a CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O vuelven al aire y al agua de la tierra.

Según Ciesla (1996), el ciclo del carbono es considerado como un conjunto de cuatro depósitos interconectados: la atmósfera, la biosfera terrestre (incluyendo los sistemas de agua fresca), los océanos y los sedimentos (incluso los combustibles fósiles). Estos depósitos son fuentes que cumplen la función de liberar el carbono, o sumideros que lo absorben de otra parte del ciclo. Los mecanismos principales del intercambio de carbono son la fotosíntesis, la respiración y la oxidación.

En general, las plantas verdes absorben el CO<sub>2</sub> de la atmósfera a través de la fotosíntesis. El carbono se deposita en el follaje, el tallo, el sistema radicular y, principalmente, en el tejido leñoso de los troncos y ramas principales de los árboles. Por esta razón, los bosques son considerados como importantes reguladores en el nivel de carbono atmosférico (Hipkins 1984; citado por Segura 1999).

## 8. Cambios de uso del suelo

Los cambios de uso del suelo, como la transformación de los bosques en áreas para la agricultura y pastizales, producen emisiones de CO<sub>2</sub>. El bosque contiene carbono que es fijado a través del proceso de la fotosíntesis y cuando se corta y quema, el CO<sub>2</sub> secuestrado se revierte nuevamente a la atmósfera.

En América Latina, la emisión neta de carbono entre 1850 y 1985, debido al cambio en el uso de la tierra, fue estimada en 30 PgC (Petagramos de carbono, 1 Pg = 10<sup>15</sup>g) (Houghton 1991). La fuente principal de estas emisiones fueron las enormes áreas de pasturas degradadas.

## 9. Prácticas agrícolas

Las prácticas culturales como la labranza, la quema de parcelas para un nuevo ciclo agrícola y la quema de nuevas áreas a consecuencia del avance de la frontera agrícola, la



fertilización química, el cultivo de arroz por inundación, la cría de ganado y los desechos sólidos en grandes cantidades, entre otros procesos productivos, ocasionan emisiones de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$  del suelo y la vegetación hacia la atmósfera (Rapidel *et al.* 1999).

### 10. Fertilidad de suelos

La fertilidad del suelo no es sólo su capacidad para aportar nutrientes minerales esenciales a la planta; también es la capacidad para mantener un nivel de producción alto y perdurable en el tiempo, sin perder la diversidad biótica ni la complejidad estructural, dentro de un equilibrio dinámico (Labrada 1996).

### 11. Años de sucesión cultural consecutiva

Llamaremos años de sucesión cultural consecutiva al número de años de sucesión de cultivos como el maíz, millón y el frijol, ya sea en asocio o en rotación, dentro de una misma parcela, después de la última cosecha de otro cultivo diferente a granos básicos, dentro del período que comprende el estudio (10 años).

## III. Metodología

### 1. Localización del área de estudio

El departamento de Estelí está ubicado entre las coordenadas  $13^{\circ}05'$  de Latitud Norte y  $86^{\circ}21'$  Longitud Oeste. Su cabecera departamental, que lleva el mismo nombre, está ubicada a 155 Km de la capital, Managua. La extensión territorial es de 839  $\text{Km}^2$  y su densidad poblacional es de 128 hab.  $\text{Km}^2$  (Inifom, 1999).

### 2. Tipo de estudio

El tipo de estudio de la investigación es descriptivo y analítico. Se combinan encues-

tas, entrevistas y recolección de muestras de suelo para su respectivo análisis de laboratorio.

### 3. Universo y muestra

El universo de la investigación fueron todos los productores con parcelas agrícolas, de las comunidades de Sabana Larga y Las Cámaras. En total se encontraron 28 productores en Sabana Larga y 18 productores en Las Cámaras con 37 y 34 parcelas agrícolas, respectivamente, y de tamaño que varía de 0.35 a más de 2.8 hectáreas (0.5 a 4 mz). El tamaño de la muestra se determinó al momento de seleccionar las parcelas. Se utilizaron criterios como: disponibilidad del productor a cooperar, tiempo y tipo de uso de la parcela.

Dado que no se encontraron en ambas comunidades parcelas testigo (es decir, parcelas donde se practica la quema anual), se tomó una muestra en una comunidad cercana llamada Buena Vista, ubicada a 1 Km de Sabana Larga, para tener una referencia con respecto a las parcelas donde se practica la no quema.

Del total de productores en ambas comunidades, se aplicaron 15 encuestas en Las Cámaras y 18 en Sabana Larga, para un total de 33 encuestas.

### 4. Estancia en comunidades

La estancia se dividió en dos fases:

#### 4.1 Fase de Campo

En esta primera fase, se realizó un reconocimiento general de las comunidades y de los lugares donde se realizan prácticas de quema y de no quema, a través de recorridos por las comunidades, de observaciones direc-



tas de la topografía de las parcelas, uso de los suelos, uso de obras de conservación, acceso a las parcelas y entrevistas con preguntas abiertas dirigidas a los agricultores y líderes de la comunidad, con el objetivo de identificar a los agricultores y las parcelas objeto de estudio.

Una vez identificados los agricultores, se realizaron las entrevistas formales, utilizando la metodología de cronosecuencias, que consiste en hacer una reconstrucción histórica del uso de cada una de las parcelas en las que el agricultor divide su finca, para conocer su evolución y su variabilidad a lo largo del tiempo. De este modo, se tuvo acceso a distintos grados de evolución: rendimientos y sucesiones culturales, entre otras (Anexo 1).

## 4.2 Fase de selección de parcelas

Después de realizar las encuestas, se procesaron para seleccionar las parcelas en grupos de características comunes:

1. Pendiente, con rangos de: 1 a 10%; de 11 a 25% y más de 25%.
2. Años de no quema.
3. Años de sucesión consecutiva: Gramíneas (maíz, millón), Leguminosas (frijol), Gramíneas - Leguminosas.

Del total de parcelas inventariadas se seleccionaron 29 para el análisis de carbono orgánico y densidad aparente, de las cuales 16 corresponden a la comunidad de Sabana Larga y 13 a la comunidad de Las Cámaras; además, de las 29 parcelas, 17 formaron parte del análisis de fertilidad: 9 de Sabana Larga y 8 de Las Cámaras.

De las 29 muestras de carbono orgánico y 17 de fertilidad, se eliminaron 6 para un total de 23 y 11 respectivamente. Estas fincas se excluyeron porque presentaban eventos especiales y características particulares como tiempo de uso agrícola de las parcelas o historias incompletas, que alteraban los resultados.

## 4.3 Toma de muestra de suelos

Después de seleccionar las parcelas y con la información de su evolución histórica, se tomaron 10 submuestras por parcela para formar una muestra compuesta. Para este fin, se utilizó el barreno cilíndrico, la profundidad de muestreo fue hasta 30 cm. En total se recolectaron 17 muestras de suelo, que posteriormente fueron enviadas al laboratorio para su análisis físico y químico.

Cada muestra fue registrada de la siguiente forma:

- Nombre de la comunidad.
- Número de grupo al que pertenece.
- Años de sucesión consecutiva de cultivo de granos básicos.
- Número de la parcela.
- Nombre del productor.

Para medir la fertilidad de suelos, las muestras compuestas se enviaron al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria (U.N.A.) donde se analizó el porcentaje de materia orgánica (MO) por el método de Walkey Black (1938); la capacidad de intercambio catiónico (CIC) en acetato de amonio; pH en agua; nitrógeno (N); fósforo (P); potasio (K) por el método de Olsen; y textura por granulometría.

Las muestras de suelos para el análisis de carbono orgánico se enviaron al Laboratorio

de Suelos, Aguas y Tejidos Vegetales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica, debidamente codificadas.

Además, se obtuvo una muestra de suelo por parcela, para determinar la densidad aparente y carbono orgánico almacenado; se utilizó para su recolección el método del cilindro de volumen conocido que consiste en tomar una muestra de suelo dentro de un anillo de metal. En la recolección de las muestras se utilizó un cilindro con volumen de 76.2 cm<sup>3</sup>. En total se recolectaron 29 muestras: 13 en la comunidad de Las Cámaras y 16 en la de Sabana Larga.

El análisis de densidad aparente se realizó en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencia, Tecnología y Ambiente de la Universidad Centroamericana (UCA), y consistió en colocar la muestra de suelo en un horno a 105° C por 24 horas hasta secar (peso constante). Se pesó en seco y se calculó la densidad mediante la siguiente ecuación :

$DA = Pss/Vc$ , donde:

- ◆ DA: densidad aparente (gcm<sup>3</sup>)
- ◆ Pss: peso del suelo seco (g)
- ◆ Vc: Volumen del cilindro (cm<sup>3</sup>).

Para estimar el carbono almacenado se utilizó esta otra ecuación:

$CAS = Pm \times DA \times \%COS$ , donde:  
CAS: carbono almacenado en suelos (tha<sup>-1</sup>)

- ◆ Pm: Profundidad de la muestra de suelo (cm)
- ◆ DA: densidad aparente (gcm<sup>3</sup>)
- ◆ %COS: Carbono orgánico del suelo (%)

## 5. Análisis de datos y variables

Dado que se eliminaron 6 parcelas porque presentaron eventos especiales, el análisis de los datos de las dos comunidades se realizó en conjunto con el objetivo de aumentar el número de casos (muestras) para reducir, en la medida de lo posible, el margen de error y así reforzar con mayor precisión los resultados del estudio.

Las variables que se evaluaron en la investigación son:

a) El contenido de carbono orgánico en el suelo, con base a los años de no quema, la pendiente y los años de sucesión de los cultivos.

b) La fertilidad de suelos a través de indicadores como: porcentaje de materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, reacción del suelo (pH), clase textural y disponibilidad de elementos minerales (nitrógeno, fósforo y potasio).

## IV. Resultados y discusión

### 1. Ubicación de las comunidades en estudio

La comunidad de Las Cámaras está ubicada a la altura del Km 135 de la carretera panamericana, aproximadamente a 2 Km sobre la carretera hacia el municipio de San Nicolás. La comunidad de Sabana Larga está ubicada a la altura del Km 140 sobre la Carretera Panamericana, del empalme de El Naranjo 2 Km al oeste (ilustración 1).

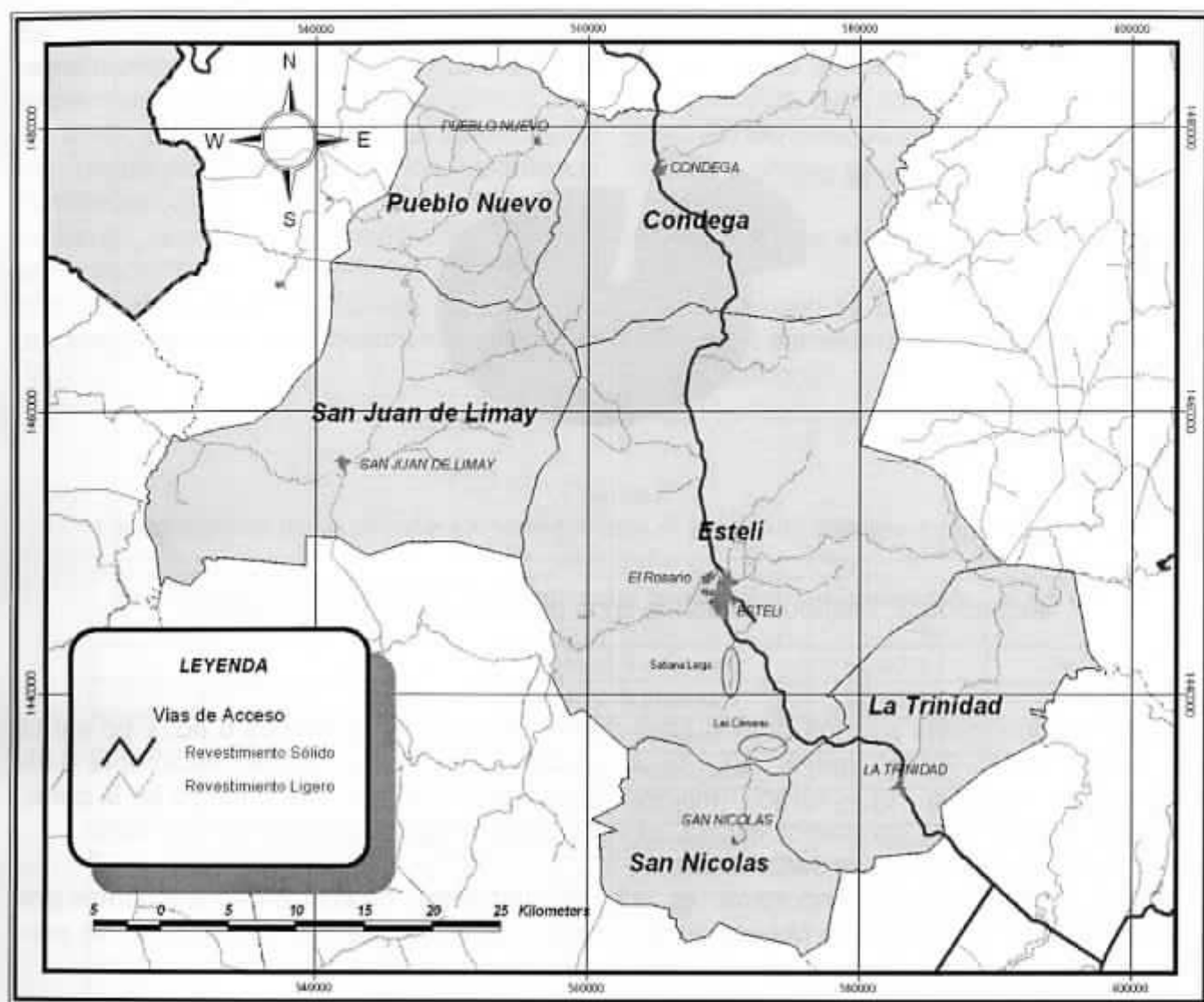


Ilustración 1. Mapa representado la ubicación de las comunidades en estudio

Ambas comunidades presentan una topografía irregular con pendientes de 2 a 30%; el 54% de las parcelas se encuentra en el rango de pendiente de 1 a 10%; el 39%, en el rango de 11 a 25%; y el 7%, en el rango de más de 25% de pendiente.

### 1.1 Los suelos predominantes

Del total del área de ambas comunidades, el 82% de los suelos es arcilloso; el 12% es fran-

co arcilloso; y únicamente el 6% es franco arcillo arenoso (ilustración 2). Son suelos muy pedregosos y pH que oscila de 4.9 a 6.1 clasifican desde muy frecuentemente ácidos a medianamente ácidos, según el rango de clasificación aproximada de nutrientes en suelos de Nicaragua (Quintana *et al.* 1983).

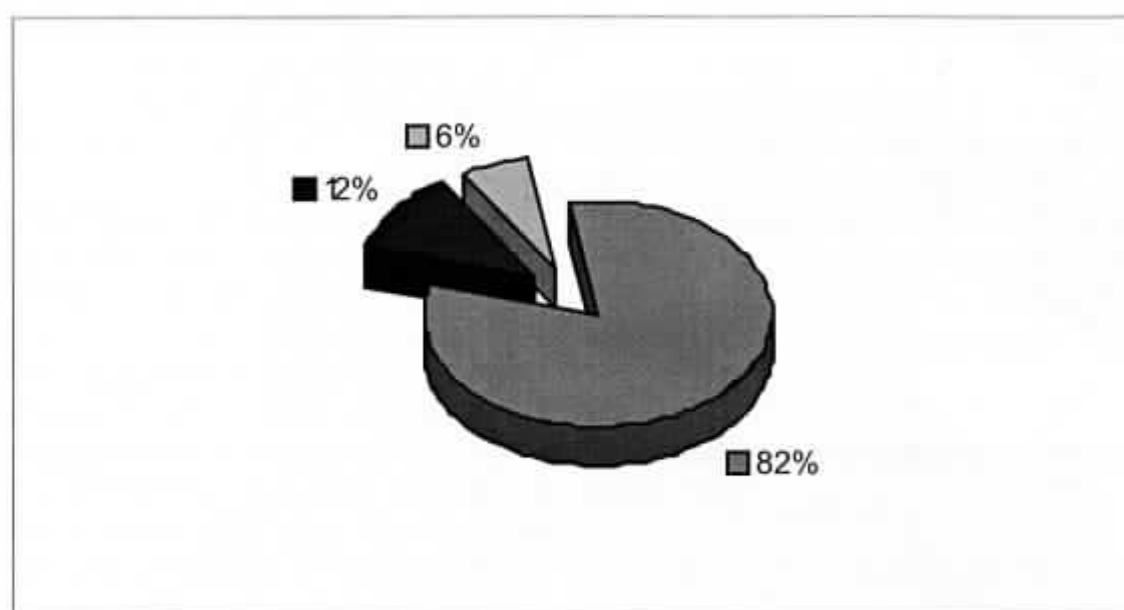


Ilustración 2. Distribución de los tipos de suelo en el área de estudio

Los cultivos principales son los granos básicos como maíz (*Zea mays*, L), frijol (*Phaseolus vulgaris*, L), sorgo (millón) (*Sorghum bicolor* L) y, en menor escala, se cultiva la chilla y linaza (*Linum usitatissimum*, L). La época de siembra más importante es la primera, durante los meses de Mayo y Junio, y facilita el establecimiento de todos estos cul-

tivos, sean éstos asociados o no; y no así la postrera donde se establece únicamente el frijol, dado el régimen pluviométrico en la zona, los tipos de suelo y el ciclo de vida corto.

Las sucesiones de cultivo más frecuentes por época de siembra y sus rendimientos se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1  
Los cultivos predominantes según la época de siembra y sus rendimientos en Kg/ha en el área de estudio.

Cultivos en primera	Rendimiento Kg/ha			
	1997	1998	1999	2000
Maíz	1290.78	839	1548.93	871.27
Frijol	839	677.65	839	645.39
Millón + Frijol	968 y 580.85	Huracán Mitch	968 y 710	645.39 y 451.77
Maíz + Millón	968 para ambos	839 y 806.73	1226.24 y 710	710 y 742.2
Maíz + Frijol	1129.42 y 490.5	1064.88 y 561.48	855.13 y 361.41	645.39 y 387.23
Cultivos en postrera	Rendimiento Kg/ha			
	1997	1998	1999	2000
Frijol	516.31	Huracán Mitch	451.77	419.5



Se evidencia en el cuadro 1, que los rendimientos de los principales cultivos han experimentado variabilidad en los últimos cuatro años, probablemente, según opiniones de los productores, debido a los fenómenos climáticos como El Niño y La Niña. Sin embargo, aunque los campos cultivados han enfrentado situaciones difíciles como stress hídrico, abundancia de lluvias, etc., los productores han obtenido cosechas.

La mayoría de los productores (un 90%) tienen obras de conservación de suelos en sus parcelas, tales como barreras muertas de piedras, barreras vivas (Taiwán y Kingrass) y curvas a nivel.

## 1.2 El carbono almacenado en los suelos

A continuación se presentan las características de las parcelas que forman parte del estudio de carbono.

**Cuadro 2**  
Características de las parcelas muestreadas para el análisis de carbono orgánico en el área de estudio

Pendiente (%)	ANQ	ASC	Nombre del productor	Comunidad	CAS (tha-1)
2	6	3	Manuel Velásquez	SL 02 13	94,32
3	5	3	José A. Velásquez	SL 01 13	94,09
4	7	10	Evelio Serrato	SL 04 +10	76,2
4	6	10	Vicente Velásquez	SL 02 +10	99
4	5	10	Julio Rocha	SL 01 +10	120,87
5	6	6	Teódulo Velásquez	SL 02 46	90,62
6	0	5	Jorge U. Gutiérrez	SL 09 +10	65,08
6	7	5	José Lazo	SL 04 46	88,81
7	10	7	Luis Velásquez	SL 06 46	73,7
7	8	4	Estanislao Lanuza	LC 01 46	63,85
8	10	1	Francisco Velásquez	SL 05 13	125,76
8	8	10	Alfonso Dávila	LC 01 +10	89,56
8	6	3	Alfonso Dávila	LC 01 13	80,01
10	10	9	Estanislao Lanuza	LC 02 +10	89,49
12	6	2	Manuel Velásquez	SL 03 13	75,26
14	3	10	Ernestina García	LC 03 10	57,52
15	10	10	Orlando Lazo	SL 06 +10	46,2
15	4	10	Nicolás Valdivia	LC 04 +10	71,05
18	10	1	Orlando Lazo	SL 06 13	43,62
18	10	10	Pablo Valdivia	LC 06 +10	73,98
20	8	8	Manuel Montiel	SL 08 79	82,65
22	5	6	Adrián Castillo	LC 04 46	66,9
30	10	10	Pablo Valdivia	LC 08 +10	42,29

Simbología: ANQ: años de no quema; ASC: años de sucesión consecutiva de cultivos; S L: Sabana Larga; L C: Las Cámaras; CAS: carbono almacenado en el suelo

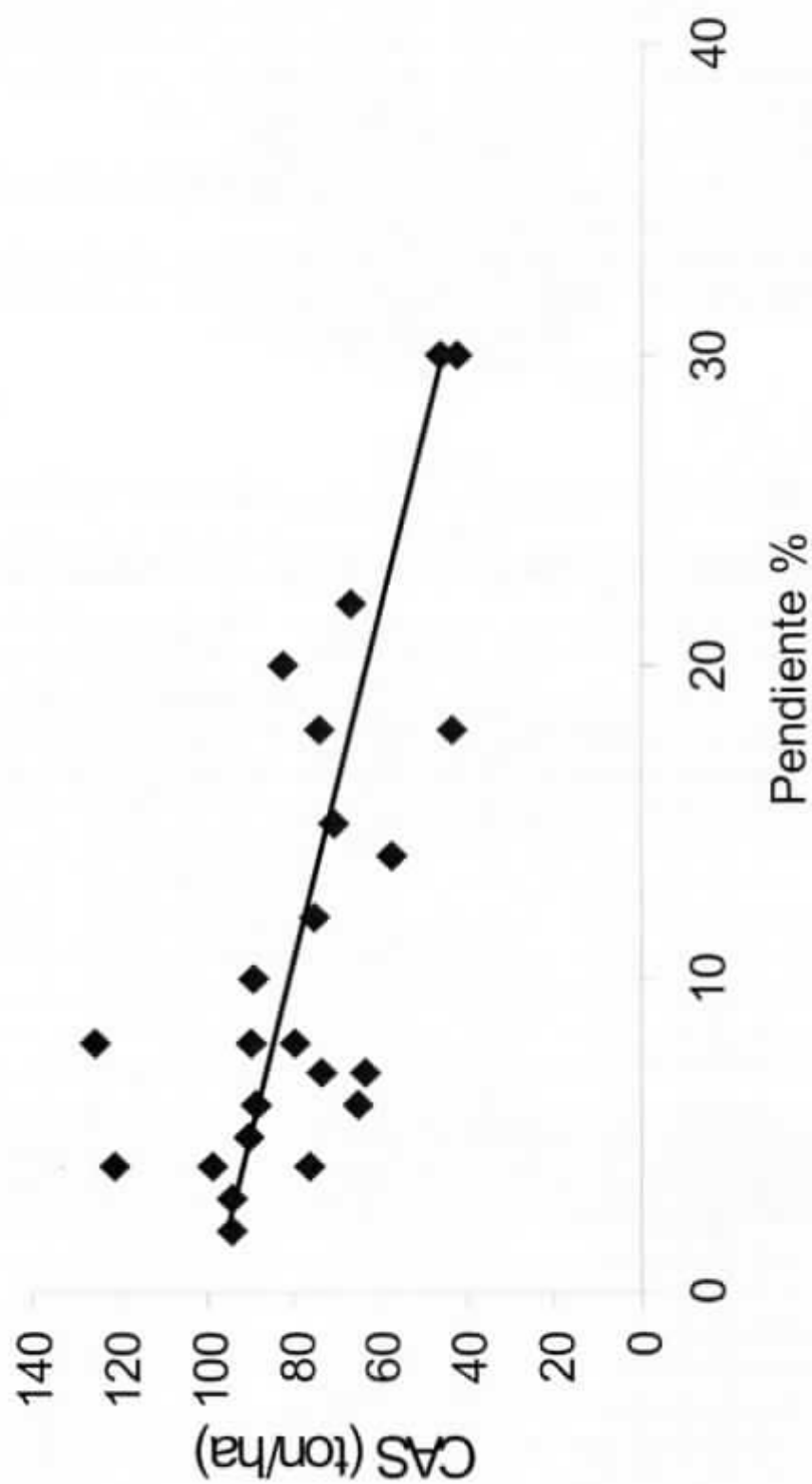


Ilustración 3. Relación entre la cantidad de carbono almacenado en el suelo y la pendiente del terreno en el área de estudio.

## 2. Relación entre el carbono almacenado en el suelo (CAS) y la pendiente del terreno

En la ilustración 3, se muestra que la pendiente del terreno juega un papel determinante en el almacenamiento de carbono. Se encontró que el índice de correlación es alto, con un valor de  $r = -0.68$ , lo que significa que a medida que aumenta el porcentaje de pendiente de las parcelas, disminuye el contenido de carbono en el suelo por efecto del lavado y arrastre de la materia orgánica.

Las parcelas que están entre 2 y 10% de pendiente presentan valores promedios de 89.38 tCha<sup>-1</sup>, y corresponden a un 60.87% de la muestra.

Las parcelas que se encuentran entre 10 y 15% de pendiente presentan un valor promedio de almacenamiento de carbono en el suelo de aproximadamente 68 tCha<sup>-1</sup>, y representan un 13.04% de la muestra.

Las parcelas que están por encima de 15% de pendiente almacenan en promedio 59.27 tCha<sup>-1</sup> en el suelo y significan el 26.09% de la muestra.

En la ilustración 3 se muestra, también que en las parcelas con más del 10% de pendiente, el contenido de carbono disminuye en promedio de 21 a 30 tCha<sup>-1</sup> con respecto a las parcelas con pendiente menores del 10%. Aquí es donde se nota el marcado efecto de la pendiente sobre el contenido de carbono.

## 3. Relación entre carbono almacenado en el suelo (CAS) y años de no quema

La ilustración 4 muestra que, aparentemente, los años de no quema como única práctica agrícola, no parecen tener influencia significativa en el almacenamiento de carbono en el suelo. Pero cuando se considera el efecto de la pendiente de las parcelas, el resultado varía.

Se puede notar en la ilustración 4 que, a medida que aumentan los años de no quema, hay una tendencia al aumento del contenido de carbono en los suelos, pero dicho incremento se ve afectado por la pendiente del terreno; es decir, las cantidades de carbono almacenado en el suelo son mayores en parcelas que tienen más años de no quema, pero que tienen los porcentajes de pendientes menores. Sin embargo, el incremento que se da en las cantidades de carbono almacenadas en el suelo producto de la no quema, es lento.

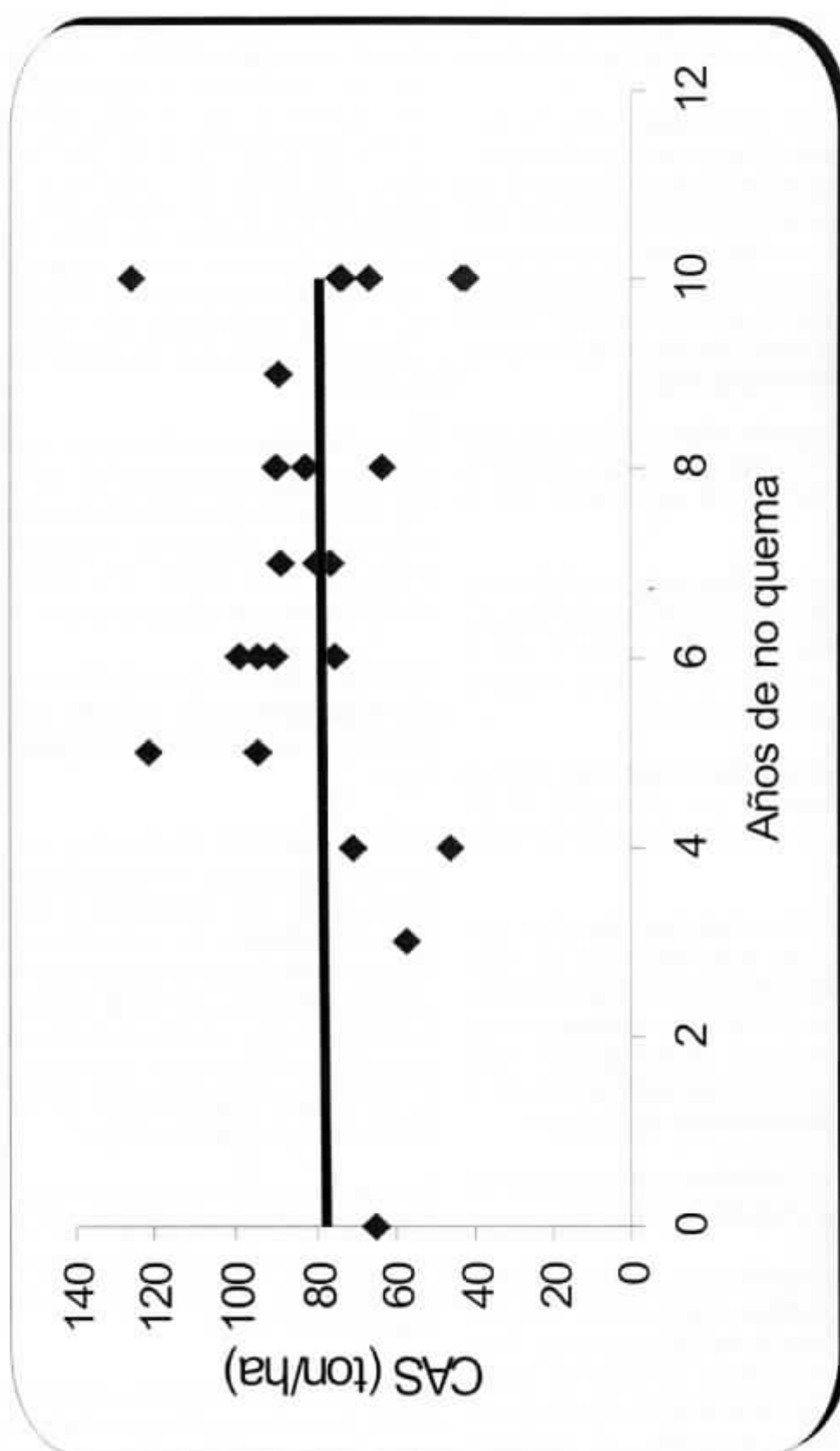
Los resultados muestran que, para evaluar el efecto de la no quema en el almacenamiento de carbono en el suelo, debe tomarse en consideración el efecto de la pendiente del terreno, ya que existe una relación inversamente proporcional entre ambas variables.

Asimismo, se refleja en la ilustración 5 que el efecto positivo de la práctica agrícola de no quema se ve afectado por la pendiente del terreno.

En la ilustración 5 se muestra que hay parcelas con porcentajes de pendientes altas, con pocos años de no quema y que presentan altas cantidades de carbono almacenadas. Esto se debe a que los productores han implementado en sus parcelas obras de conservación de suelo, que han contribuido a la disminución en el arrastre del suelo y el lavado de la materia orgánica que generalmente se produce en pendientes altas.

Comparando las ilustraciones 3 y 4 se puede notar que la tendencia al aumento del CAS, con respecto a los años de no quema, es más pronunciada en parcelas con pendientes menores del 15%.

Los resultados muestran que, para evaluar el efecto de la no quema en el almacenamiento de carbono en el suelo, debe tomarse en consideración el efecto pendiente (Ilustración 6).





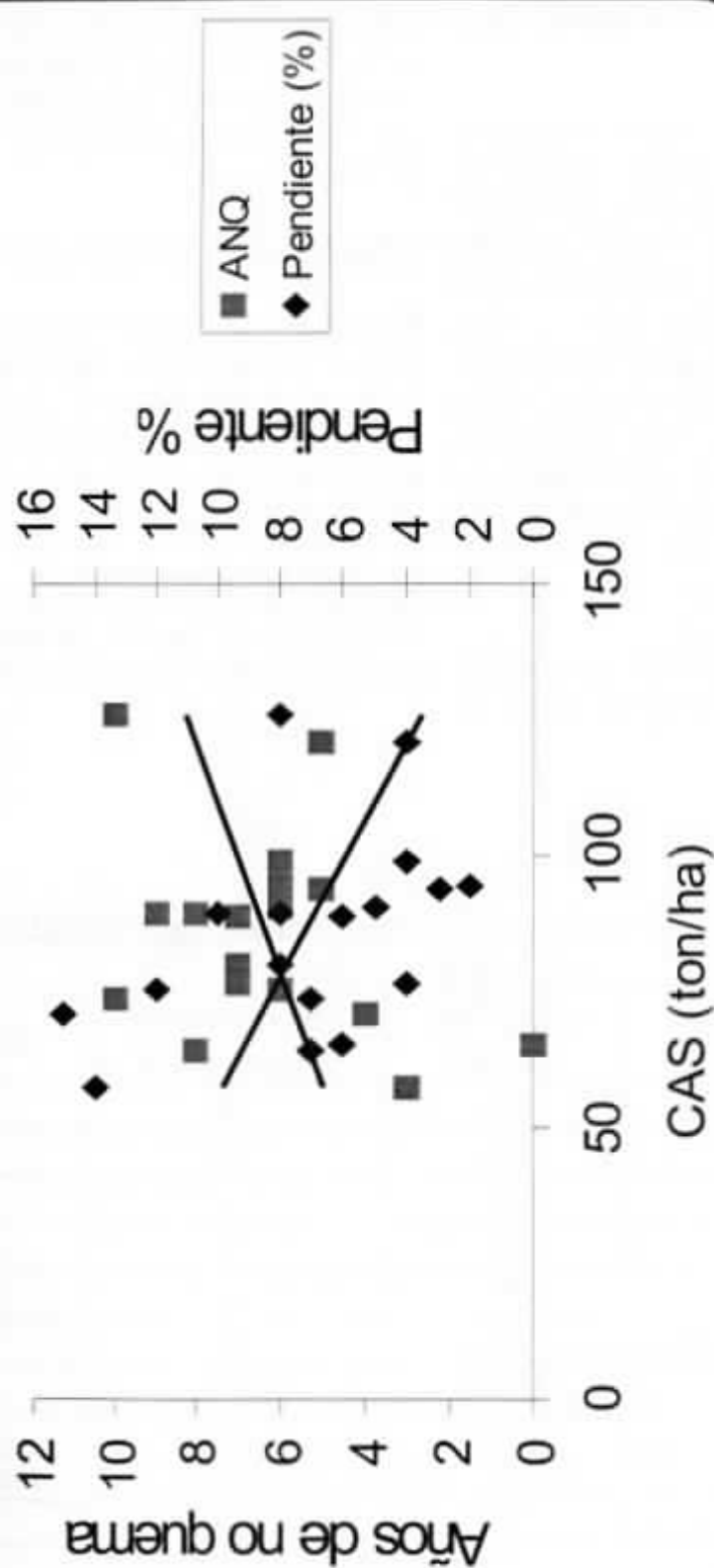


Ilustración 5. Efecto de la pendiente menor de 15% versus años de no quema en el CAS

#### 4. Relación entre carbono almacenado en el suelo (CAS) y los años de sucesión consecutiva

En la ilustración 7 se muestra que los años de sucesión consecutiva de cultivos parecen no tener efecto en el almacenamiento de carbono en el suelo, pues no se encontró ninguna relación; por el contrario, la figura muestra que la tendencia es una disminución del contenido de carbono a medida que el período de sucesión de cultivos de granos como maíz, frijol y sorgo (millón) aumenta. Este fenómeno quizás se debe a que no hay suficiente restitución de los elementos extraídos del suelo por parte de los cultivos a través de la incorporación de rastrojos, abonos u otro.

Otros posibles factores podrían ser la variabilidad de los fenómenos climáticos como la

falta de precipitaciones, que sumada a una inadecuada fertilización, han perturbado el ciclo de producción y descomposición de la materia orgánica, lo que no ha permitido la suficiente restitución de los elementos minerales al suelo.

#### 5. La fertilidad de los suelos

En total se analizaron 11 parcelas agrícolas en ambas comunidades, seleccionadas al azar para ser muestreadas y efectuar el análisis físico - químico, tomando en cuenta las variables de pendiente, años de no quema y años de sucesión de los cultivos.

En el cuadro 3 se presenta un resumen de las características de las parcelas que fueron parte del análisis de fertilidad de los suelos.

**Cuadro 3**  
Características de las parcelas muestreadas para el análisis de fertilidad de las parcelas del área de estudio

Parcelas	Pendiente(%)	Años No Quema	Años Sucesión Consecutiva	Clase Textural
I	4	7	10	Arcilloso
II	4	5	10	Arcilloso
III	5	6	6	Arcilloso
IV	6	0	5	Arcilloso
V	7	8	4	Arcilloso
VI	8	10	1	Arcilloso
VII	12	6	2	Arcilloso
VIII	14	3	10	Arcilloso
IX	15	4	10	Franco Arcilloso
X	18	10	10	Arcilloso
XI	20	8	8	Arcilloso

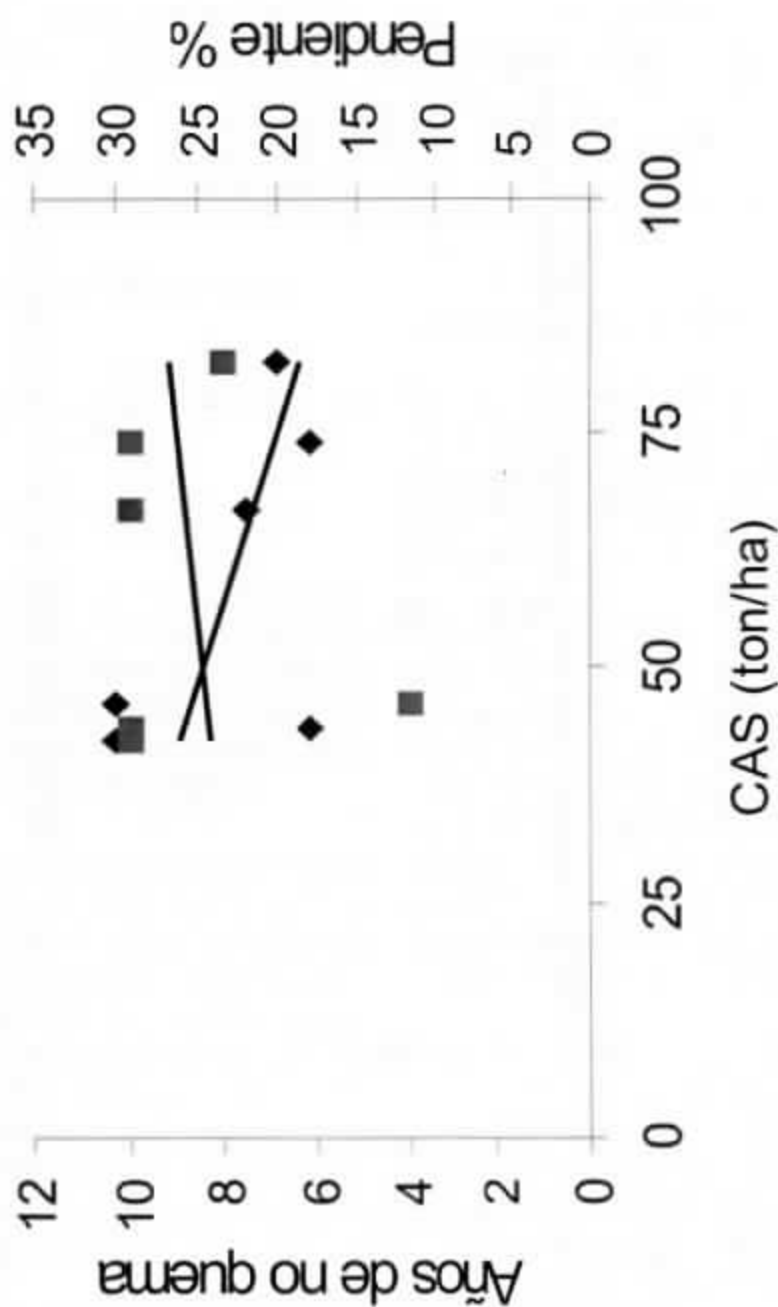


Ilustración 6. Efecto de la pendiente mayor de 15% versus años de no quema en el CAS

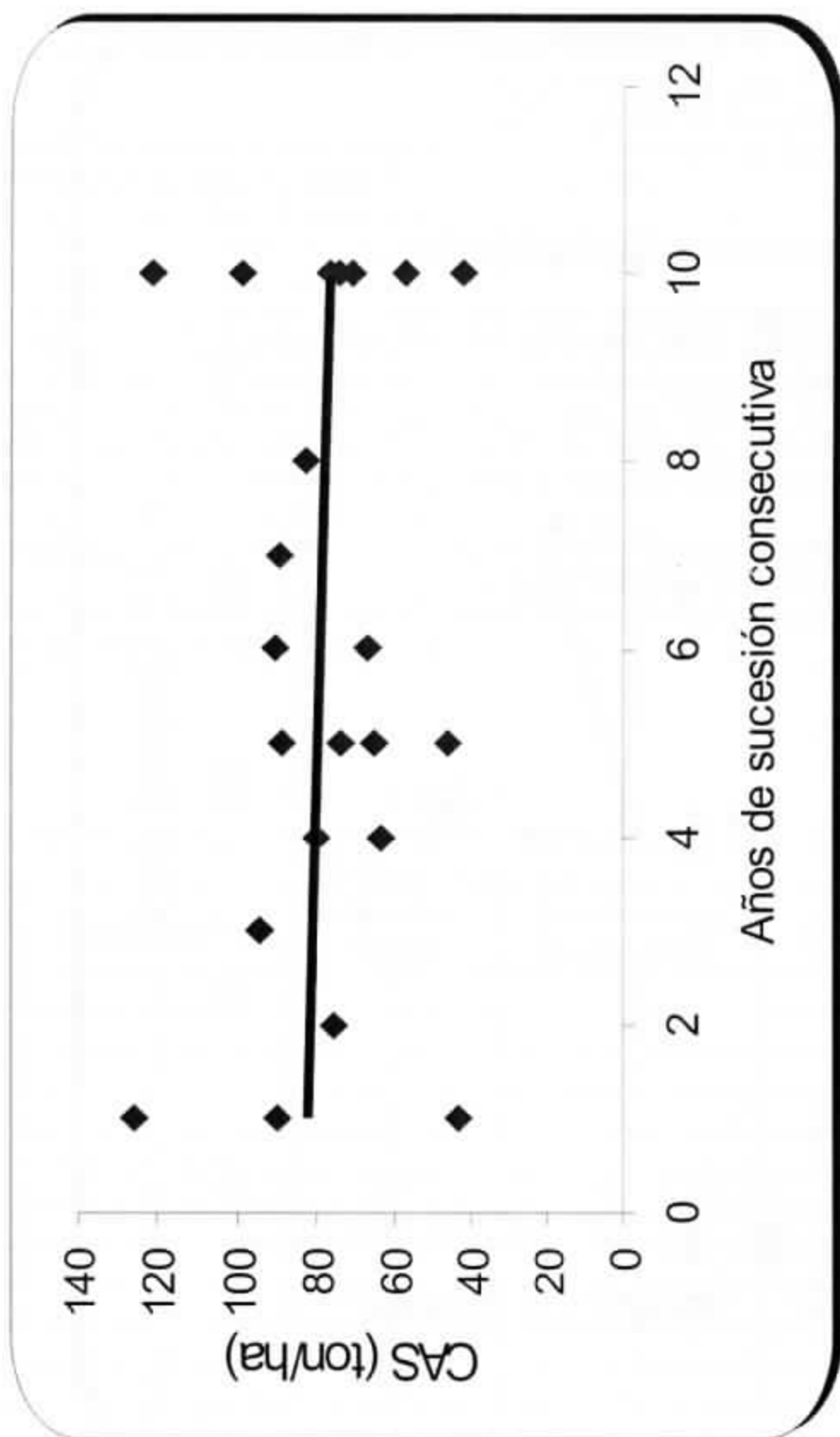


Ilustración 7. Relación CAS y años de sucesión consecutiva



Se observa que el 55% de las parcelas tiene menos de 10% de pendiente y un 45% está entre 11 y 25%; además, el 27% son parcelas que tienen menos de 4 años de no quema, un 56%, va de 5 a 8 años de no quema; y un 18%, de 8 a 10 años de no quema. También se observa que el 27% de las parcelas tienen menos de 4 años de sucesión; un 27%, está entre 5 y 8 años de sucesión; y el 46%, entre 8 y 10 años de sucesión consecutiva de cultivos de granos básicos.

## 6. Resultados de los análisis de suelo

A partir de los datos obtenidos en el laboratorio, se presentan los siguientes resultados por cada parcela muestreada.

### *La reacción del suelo (pH)*

El estado de acidez del suelo es un factor que afecta la disponibilidad de prácticamente todos los nutrientes. Se afirma que el nivel de pH en el que se da una disponibilidad promedio elevada para todos los nutrientes está entre 5.7 y 6.5 (CENTA - FAO, 2000).

En la ilustración 8 se observa que la parcela IX presentó un valor de 4.90, por lo que se encuentra en la escala cualitativa de muy frecuentemente ácido; las parcelas I, III, V, VII y X presentan valores que van desde 5.40 a 5.60, y están en el rango de clasificación de Quintana et al. (1983), dentro de la escala cualitativa de fuertemente ácido; las parcelas II, IV, VI, VIII y XI, presentan valores que van desde 5.70 a 6.10 que las ubica en la escala cualitativa de medianamente ácido.

Según Quintana et al. (1992), el rango óptimo de pH para los cultivos (principalmente frijol,

maíz y sorgo) es de 5.5 a 6.7. Las parcelas VII y IX presentan rangos de pH inferiores a los señalados, lo que significa que probablemente tienen limitantes para el desarrollo de estos cultivos. Estos niveles provocan una reducción en la absorción de Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Manganeseo (Mn), Zinc (Zn) y Cobre (Cu) (Fassbender et al. 1987).

Según los resultados obtenidos, los años de no quema no influyen en la reacción o pH del suelo.

### *Materia orgánica presente en los suelos*

De manera general, los suelos analizados mostraron valores que oscilan de medios a altos en el contenido de materia orgánica; es decir, que van desde 3.24 a 6.40% con un promedio de 4.25%.

Los años de no quema parecen tener un efecto positivo en el contenido de materia orgánica de los suelos, ya que se encontró un coeficiente de correlación de 0.46; sucede lo contrario con la pendiente del terreno, que mostró un índice de correlación de  $r = -0.39$ , al igual que los años de sucesión de cultivos; aunque los índices de correlación estadísticamente son bajos, parecen tener un efecto importante en el contenido de materia orgánica.

Entre las características intrínsecas de los suelos, hay que considerar especialmente el contenido y tipo de arcilla (Fassbender et al. 1987). Es de esperar que al aumentar la proporción de minerales arcillosos en los suelos se obtenga un efecto de estabilización de la materia orgánica y un incremento en su contenido.

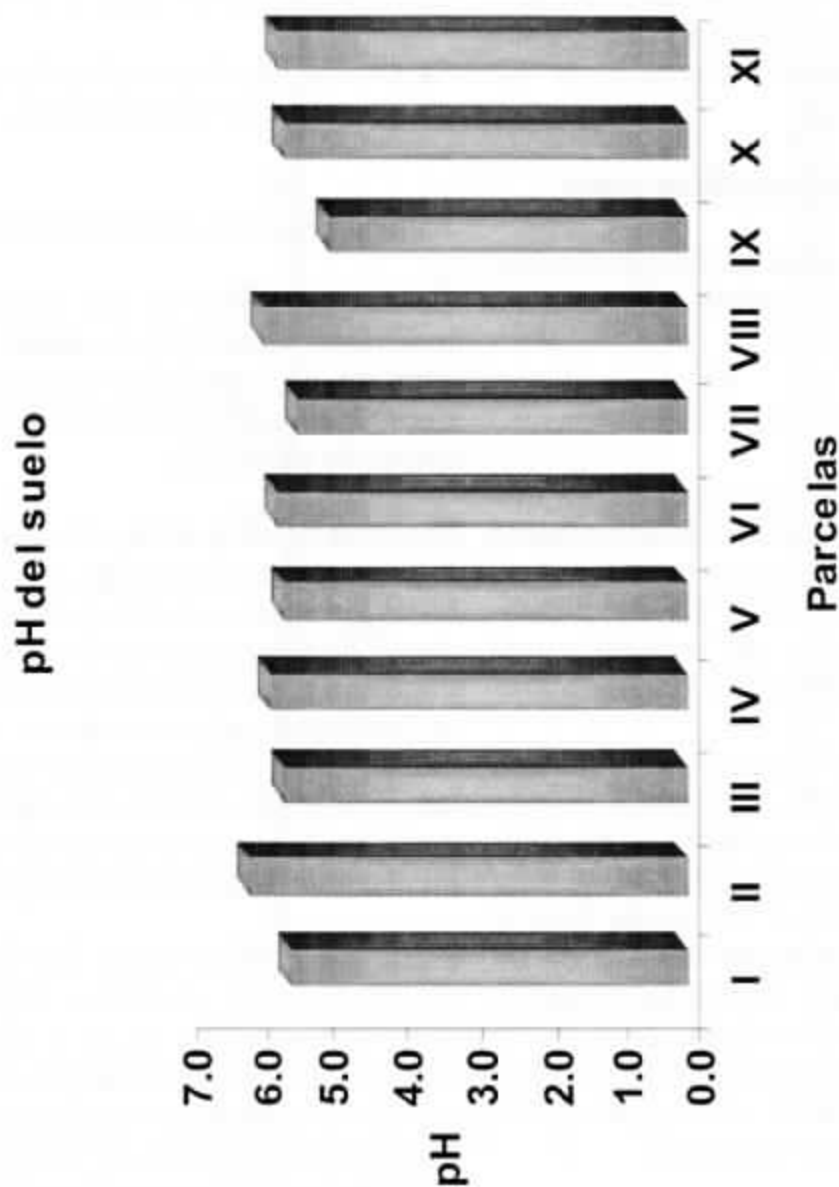


Ilustración 8. La reacción del suelo en el área de estudio

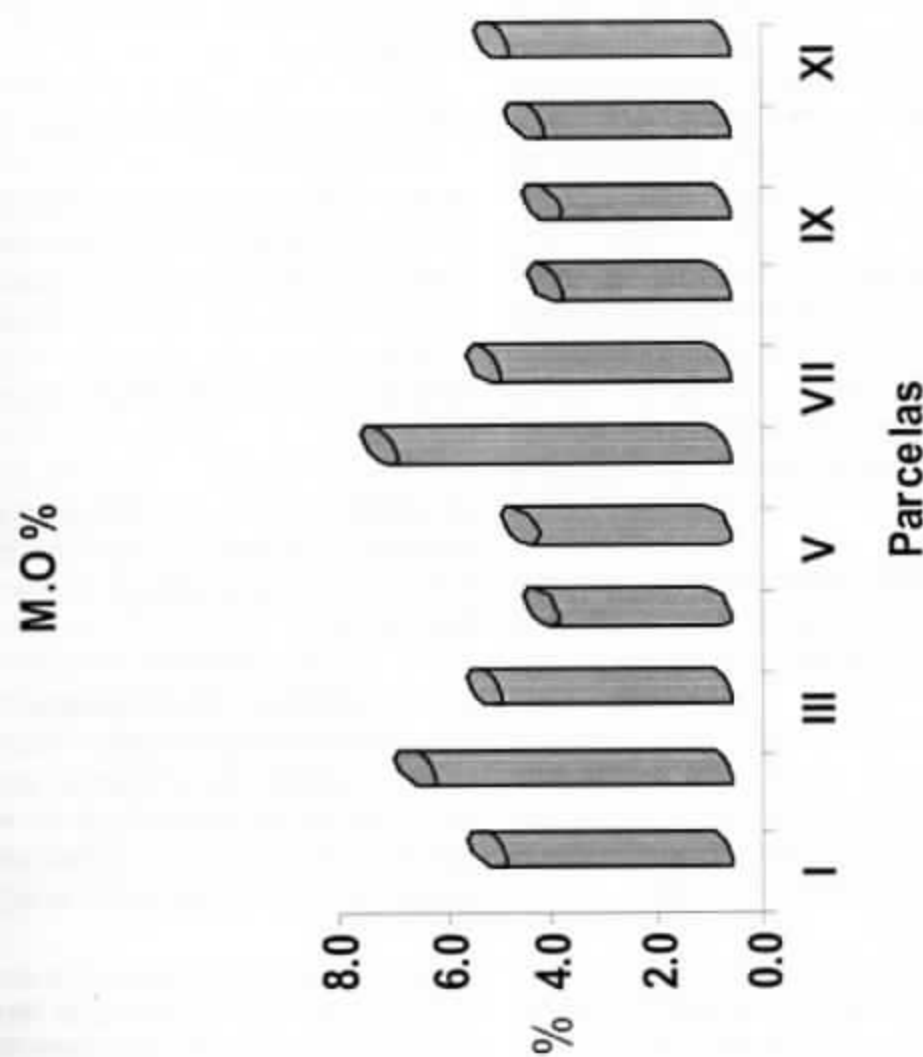


Ilustración 9 . Contenido de materia orgánica del suelo

A pesar de la variabilidad en los niveles de materia orgánica, la parcela VIII presentó el valor más bajo, de 3.24%, probablemente debido a que es uno de los valores más bajos en el contenido de arcilla y el más alto en el contenido de arena, que significa que hay una menor retención de la materia orgánica. Se encontró un índice de correlación entre la materia orgánica y el contenido de arcilla de 0.43 y de - 0.42 con el contenido de arena y, aunque no es significativo estadísticamente, sí parecen tener efecto en el contenido de materia orgánica de los suelos (ilustración 9).

Jenny (1950) (citado por Fassbender *et al.* 1987) indicó que los contenidos de materia orgánica y nitrógeno en los suelos son determinados por el tipo y duración de la explotación de los suelos, además de algunas de sus características químicas, físicas y microbiológicas.

Por otro lado, se debe considerar que el material parental de los suelos tiene un efecto indirecto sobre el contenido de carbono. Las rocas ricas en minerales y elementos nutritivos, como las cenizas volcánicas, permiten el desarrollo de una vegetación exuberante con una alta producción de restos vegetales, lo que resulta en grandes contenidos de materia orgánica (Fassbender *et al.* 1987).

La reacción del suelo influye en el contenido de la materia orgánica. Por lo general, se ha encontrado que en suelos ácidos, con pH <5, se produce una acumulación de materia orgánica. Esto se debe a diferentes razones: por un lado, el pH incide en el contenido y composición de los microorganismos de los suelos: en condiciones ácidas se limita la acción bacteriana y de la macroflora, y se favorece la reproducción de hongos, lo que da como resultado una menor eficiencia en la mineralización y humificación con la conse-

cuenta acumulación de la materia orgánica; por otro lado, la reacción del suelo determina la saturación del complejo de intercambio de los suelos. En condiciones ácidas aumenta el Al intercambiable y se producen deficiencias en la disponibilidad de Ca y Mg para los microorganismos, conduciendo igualmente a una acumulación de carbono (Fassbender *et al.* 1987).

#### *Porcentaje de nitrógeno en los suelos*

Jenny (1950) (citado por Fassbender *et al.* 1987), indicó que los contenidos de materia orgánica y nitrógeno en los suelos son determinados por el tipo y duración de la explotación de los suelos, y algunas de sus características químicas, físicas y microbiológicas.

La disponibilidad de nitrógeno depende del contenido de materia orgánica que existe en el suelo y de su estado de humedad (CENTA-FAO, 2000).

En la ilustración 10, se observa que en todas las parcelas se encontraron valores > 0.15% en el contenido de nitrógeno. Según el rango de clasificación aproximada de nutrientes en suelos de Nicaragua, se considera que dichos valores son altos (Quintana *et al.*, 1983).

Debido a que el nitrógeno está contenido en la materia orgánica, presenta la misma tendencia o comportamiento que ésta.

#### *Contenido de fósforo en los suelos*

El fósforo (P) es un elemento relativamente estable en los suelos. De ello resulta una baja solubilidad que a veces causa deficiencias de disponibilidad para las plantas (Fassbender, 1993).

En la ilustración 11 se observa que la mayor parte de las muestras analizadas, es decir, el 91%, presentaron valores pobres en el contenido de fósforo, y solamente una muestra (9%) presentó un valor medio de 10.81 ppm de fósforo (P).

Los resultados de dichos análisis se consideran dentro de lo normal, ya que los suelos de Nicaragua están clasificados como pobres o deficientes en fósforo (INTA - FAO, 2000). En un estudio realizado, se encontró que el contenido de fósforo depende de la textura de los suelos, ya que cuanto más fina es su textura, mayor es su contenido de fósforo (Fassbender *et al.*, 1987).

Las muestras analizadas indican que el contenido de arcilla afecta positivamente los niveles de fósforo, ya que se encontró una correlación de  $r = 0.28$  que, aunque es baja, parece tener cierto efecto. También, los años de sucesión afectan, pero de manera negativa, los niveles de fósforo en el suelo: se encontró un índice de correlación de  $r = -0.27$ . Probablemente se da porque, al aumentar los años de sucesión consecutiva de cultivo de granos básicos, se da una extracción de nutrientes por parte de las plantas que no son restituidos totalmente, aún con las aplicaciones de fertilizantes que realizan los productores.

Los años de no quema y la pendiente del terreno, no parecen tener efecto en el contenido de fósforo.

### *Contenido de potasio en los suelos*

En la ilustración 12, se muestra que, a excepción del grupo II, los niveles de potasio (K)

disponibles en el suelo son altos, variando desde 0.31 a 0.53 meq K/100g de suelo. Dichos resultados manifiestan que el alto contenido de potasio es una característica propia de los suelos de las áreas del Pacífico y Central de Nicaragua.

Un estudio realizado en Nicaragua (FAO, 1990), indicó que el 82% de los suelos contienen más de 0.5 meq de K/100g de suelo y solamente un 4.4% contienen menos que 0.2 meq de K/100g de suelo.

Los análisis de las muestras indican que el pH de los suelos afecta los niveles de potasio; se encontró un índice de correlación de  $r = -0.62$ , lo que significa que al aumentar el pH de los suelos, el contenido de potasio se vuelve menos aprovechable para las plantas. Es decir, puede quedar inmovilizado formando parte de otros compuestos químicos.

Los años de no quema parecen no tener efecto en el contenido de potasio así como los años de sucesión y la pendiente del terreno.

### *Capacidad de intercambio catiónico de los suelos*

Muchos autores y estudios han identificado a la CIC como la fertilidad química del suelo. Los suelos arcillosos y jóvenes, en general, presentan una CIC elevada con más de 20 meq/100g de suelo, lo mismo que los suelos ricos en materia orgánica, pues el humus es capaz de retener grandes cantidades de cationes (INTA-FAO, 2000).



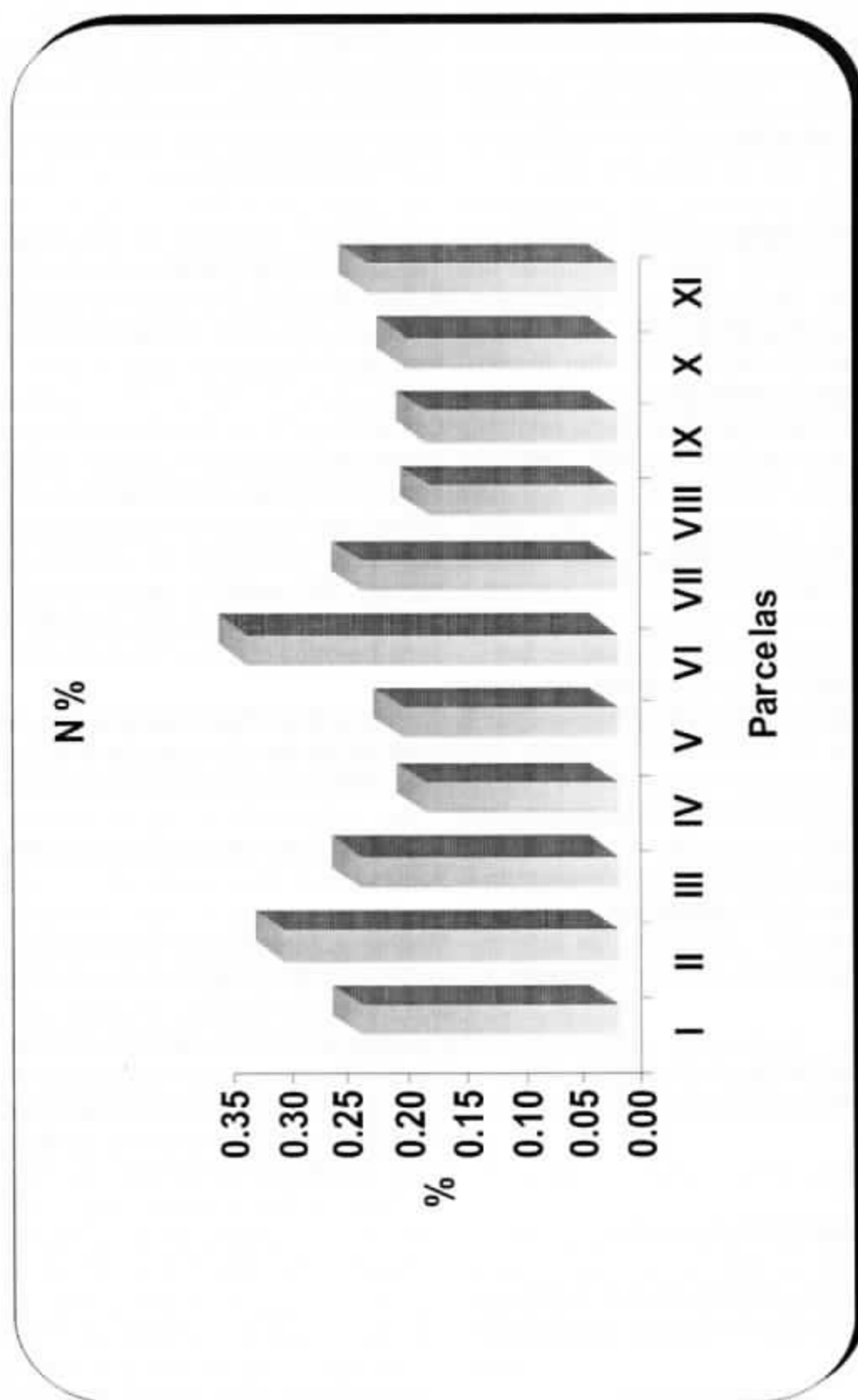


Ilustración 10 . Contenido de Nitrógeno del suelo

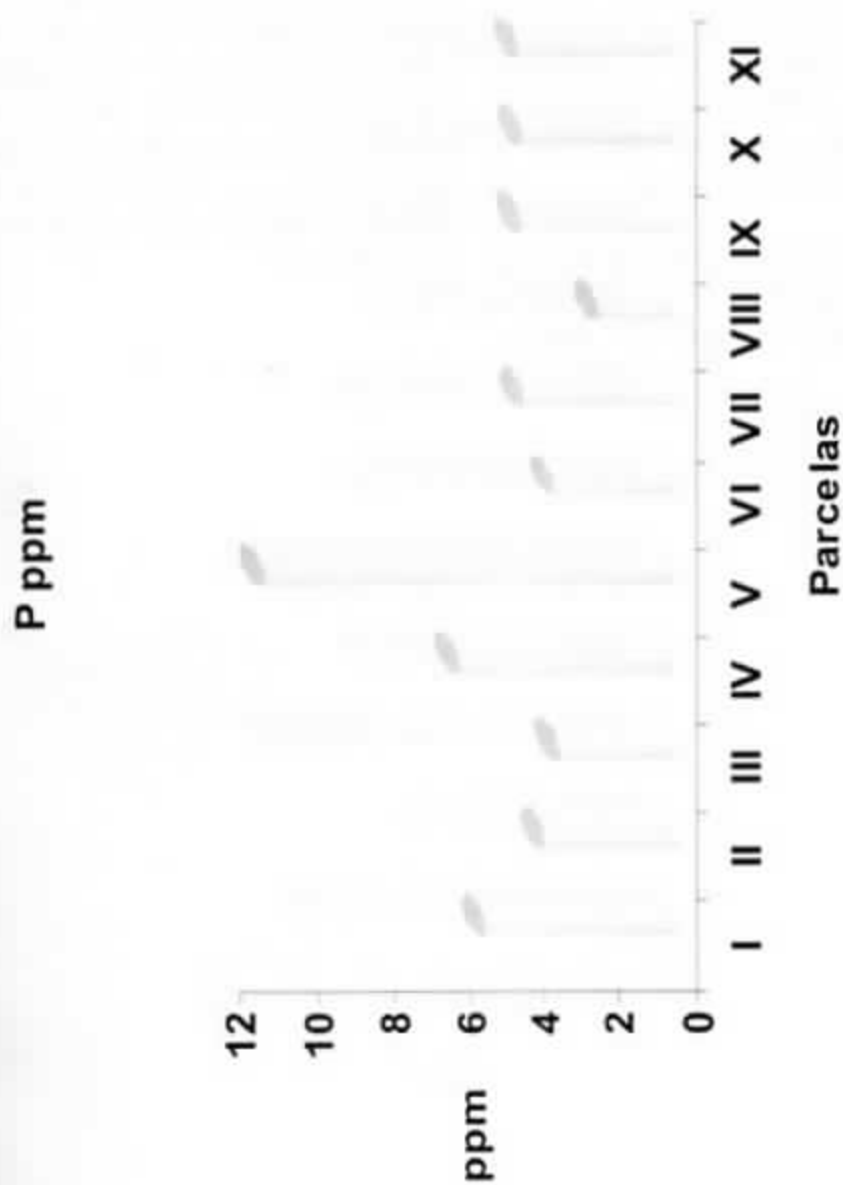


Ilustración 11. Contenido de Fósforo del suelo

En la ilustración 13 se observa que las parcelas I, IV, IX y X presentan valores medios de CIC que oscilan desde 20 a 23.4 meq/100g de suelo; las demás parcelas mostraron valores altos que oscilan desde 25.9 a 38 meq/100g de suelo.

Estos valores están relacionados con el contenido de materia orgánica en el suelo: se encontró un índice de correlación de  $r = 0.66$ . Es decir, al aumentar el contenido de materia orgánica en el suelo, aumenta también la capacidad de intercambio catiónico.

Los años de no quema y el contenido de arcilla ejercen un efecto positivo en la capacidad de intercambio catiónico de los suelos.

Esto se observa en el índice de correlación, que indica que al aumentar estos valores, aumenta la capacidad de intercambio catiónico de los suelos.

En cambio, los años de sucesión de cultivos tienen un efecto negativo en la capacidad de intercambio catiónico, ya que se encontró una relación fuerte y negativa de  $r = -0.64$ . Esto significa que al aumentar el período de sucesión consecutiva de cultivos, disminuye la capacidad de intercambio de los suelos, probablemente por la extracción de elementos por parte de los cultivos y la no-restitución total de éstos.

## Potasio

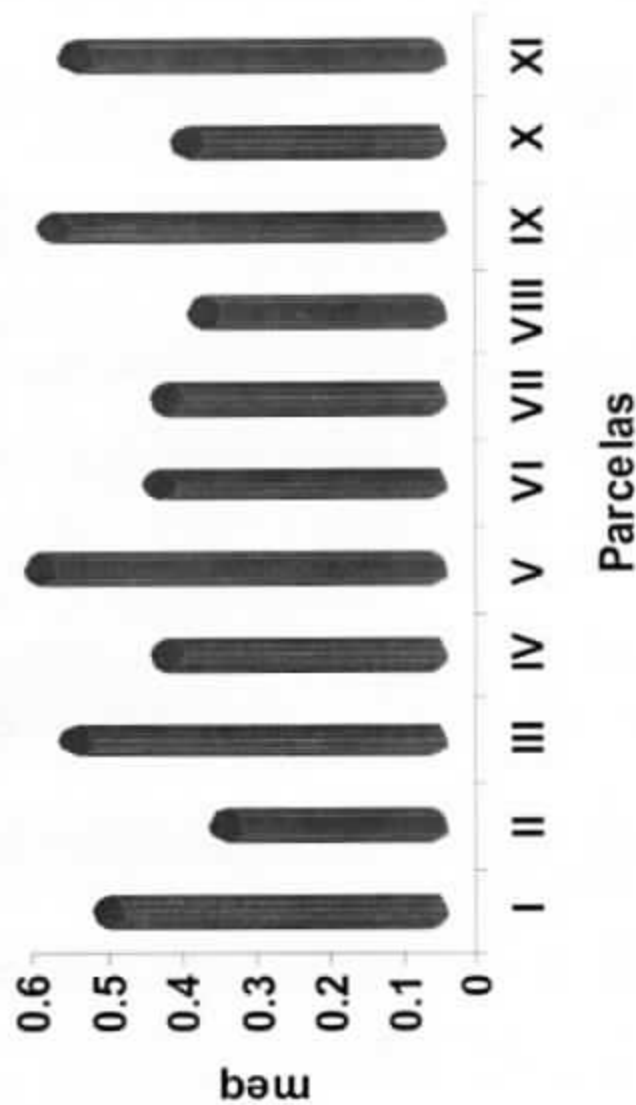


Ilustración 12 . Contenido de Potasio del suelo

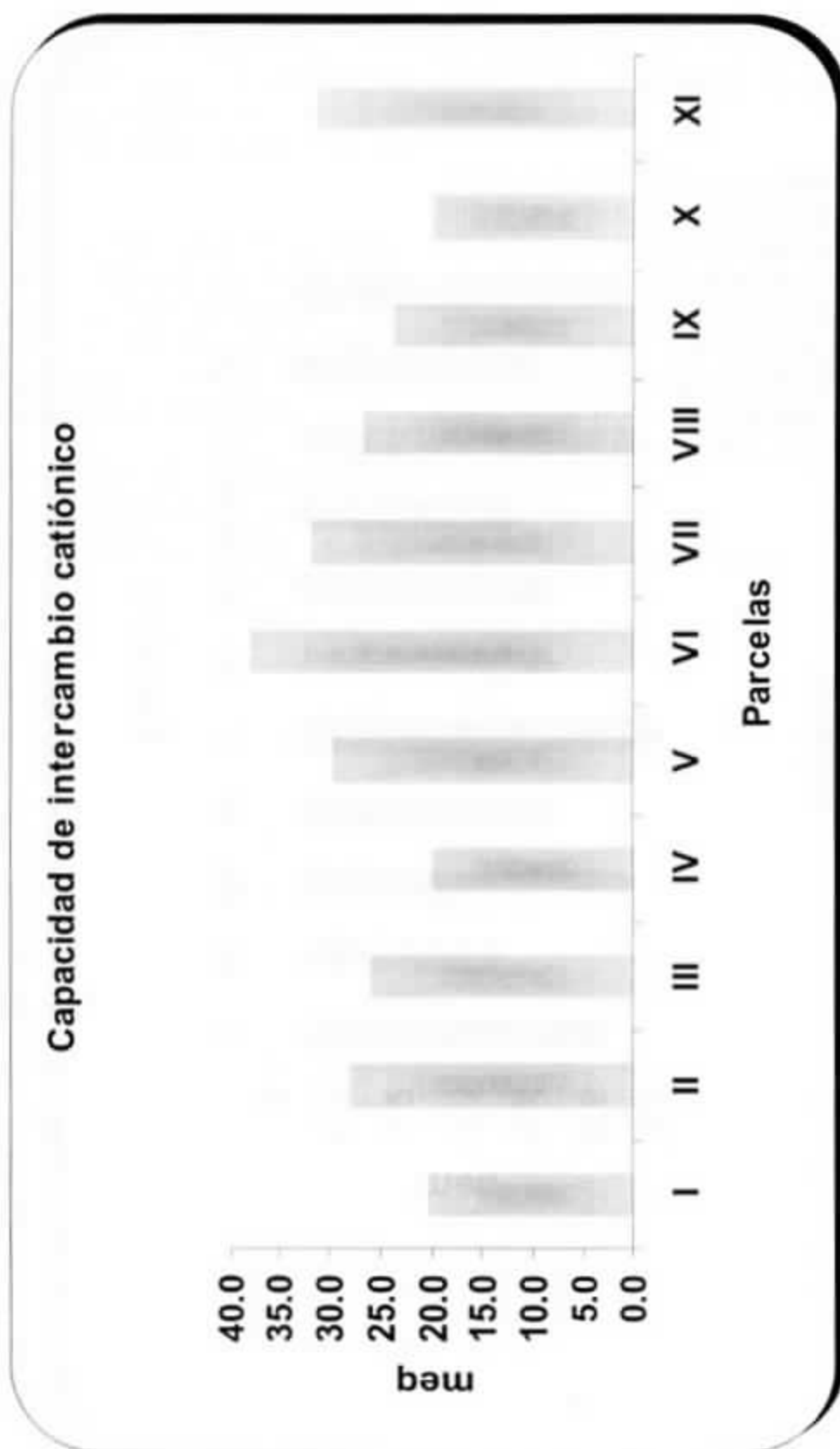


Ilustración 13. Capacidad de Intercambio Catiónico de los suelos



## V. Conclusiones

- Las prácticas y las labores agrícolas realizadas por los productores no siguen un patrón histórico rígido de cultivo en una parcela específica a lo largo de los años, ya que las condiciones agrícolas varían a consecuencia de un sinnúmero de situaciones y variables, lo que dificulta determinar la relación entre el estado de fertilidad del suelo y el almacenamiento de carbono con las variables que afectan su disponibilidad.
- La metodología de cronosecuencias utilizada estuvo limitada por los datos recogidos en el campo mediante la exploración de la memoria de los productores y de sus prácticas de cultivo hace 10 años, sin tener parámetros de comprobación de estudios previos.
- El almacenamiento de carbono y la fertilidad de los suelos depende de factores como el clima, la topografía, pendiente del terreno, la textura, y el tiempo y tipo de uso del suelo. Todos estos factores se interrelacionan entre sí, por lo que el almacenamiento de carbono y la fertilidad no solamente dependen de la práctica agrícola de no quema.
- Existe una relación directa, que no fue posible cuantificar, entre el contenido de materia orgánica y los años de no quema, pero no es muy substancial. Sin embargo, es evidente que el contenido de carbono en el suelo aumenta con la práctica agrícola de no quema. El aumento podría darse de forma lenta a través de los años, considerando la pendiente del terreno.
- Se encontró que la variable más importante en el contenido de materia orgánica fue la pendiente del terreno. Esta juega un papel determinante pues a mayor pendiente, disminuye el contenido de carbono en el suelo.
- La práctica de sucesión consecutiva de cultivos de granos básicos como maíz, frijol y sorgo (millón) a largo plazo produce un efecto negativo en el contenido de materia orgánica y, por consiguiente, en el contenido de carbono orgánico en el suelo, en los niveles de fósforo y en la capacidad de intercambio catiónico de los suelos.
- Los niveles de fertilidad de los suelos encontrados no solamente están influenciados por la práctica agrícola de no quema, sino que también dependen de las características físicas y químicas propias de los suelos. También incide el tipo de uso y manejo que hacen los productores.
- La práctica agrícola de no quema mejora o mantiene las condiciones de fertilidad de los suelos, especialmente el contenido de materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico.
- El contenido de arcilla de los suelos es un factor que influye en las condiciones de fertilidad, especialmente en el contenido de materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico y el contenido de fósforo.
- Debido a la variabilidad de las características de las parcelas encontradas (años de no quema, años de sucesión y pendiente del terreno), los datos de estudio no permiten brindar una conclusión cuantificable sobre el efecto de la no quema en el almacenamiento de carbono y la fertilidad de los suelos.

## VI. Recomendaciones

- Crear y mantener obras de conservación de suelos y aguas, debido a que la pendiente juega un papel determinante en el almacenamiento de carbono y la fertilidad de los suelos.
- La práctica agrícola de la quema para preparar las parcelas es la principal causante de los incendios agrícolas y forestales. Por ello, se recomienda implementar y promover la práctica de la no quema como forma de contribuir al almacenamiento de carbono, la fertilidad de los suelos y la mitigación del problema del Cambio Climático.
- Dar seguimiento a las parcelas de estudio, para reforzar la información de esta investigación y para poder evaluar con más datos los posibles cambios en el suelo como resultado de la no quema, pues no existe información de referencia de estudios anteriores.
- Hacer estudios permanentes y periódicos con parcelas demostrativas dedicadas a la investigación en distintas regiones del país y aumentar la cantidad de muestras, para obtener resultados más significativos. Además de considerar el efecto sobre el carbono de las obras de conservación de suelo.
- Las parcelas con más de 30% de pendiente deben destinarse a uso forestal y no agrícola para evitar los efectos de la erosión.
- Este estudio puede servir de referencia y orientación para la realización de futuras investigaciones en este tema.

## Agradecimientos

Agradecemos de manera muy especial al Ing. Felipe Martínez Sánchez por su apoyo, paciencia y dedicación.

Al Proyecto de Cambio Climático (impulsado por MARENA y el PANIF) por su aporte económico y científico, en especial al Dr. Bruno Rapidel y al Ing. José Antonio Viteri.

Al Proyecto Cambio de Uso de la Tierra y Flujos de Carbono para Centroamérica: opciones de manejo de carbono (LUCCAM) (Universidad de Helsinki, FINLANDIA / CATIE, Costa Rica) por su aporte económico y muy en particular, a MSc. Milena Segura Madrigal, MSc. Zenia Salinas y al MSc. Hernán Andrade por su colaboración técnica en la realización del trabajo.

A la Dirección de Investigación de la Universidad Centroamericana, en especial al Msc. Iván Marín, por su apoyo y asesoramiento brindado.

A la Universidad Campesina (UNICAM), en especial al Ing. Elvis Pérez por la información brindada.

A los productores de las comunidades por su colaboración, disposición y paciencia en brindarnos la información necesaria para nuestro trabajo, por su amabilidad y hospitalidad para con nosotros en especial a los señores Estanislao Lanuza de Las Cámaras y Vicente Velásquez de Sabana Larga.

A todas las personas e instituciones que de una u otra manera hicieron posible la realización y culminación de este trabajo.

## VII. Bibliografía

- CENTA-FAO (2000). *Manejo integrado de la fertilidad del suelo en zonas de laderas. Impresos urgentes*. El Salvador.
- CIESLA, W. (1996). *Cambio climático, bosques y ordenación forestal: Una visión de conjunto*. FAO.
- DIAZ-ROMEU, R. , BALERDI, F. , FASSBENDER, H. W.(1970). *Contenido de materia orgánica y nitrógenos en suelos de América Central*. Turriaba 20(2). pp. 185-192.
- FASSBENDER, W, H. (1993). *Modelos edafológicos de sistemas agroforestales*. CATIE. Costa Rica.
- FASSBENDER, W. H. BORNEMISZA, E. (1987). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*. Segunda revisión. Editorial IICA. Costa Rica.
- HIPKINS, M.F. (1984). *Photosynthesis. In plant physiology*. Malcolm b. Wilkins (De). Great Britain. pp. 219-248.
- HOUGHTON, R. A. (1991). "Tropical deforestation and atmospheric carbon dioxide". *Climatic Change*. 19:99-118.
- INETE.R. (1995). *Informática, datos y estadísticas*. Departamento de Meteorología.
- INIFOM - AMUNIC (1999). *Informe Estadístico Sociodemográfico*. Estelí.
- INTA-FAO. (2000). *Manejo integrado de la fertilidad*. Managua, Nicaragua.
- LABRADA, J. (1996). *La materia orgánica en los agroecosistemas*. Ministerio de Agricultura, pesca y alimentación. Mundi-Prensa.
- LAUDELLOT, H. (1961). *Dynamics of tropical soils in relation to their fallowing techniques*. Paper n 266/E, FAO, Roma. pp. 111.
- LOCATELLI, B. (1999). *Bosques tropicales y el ciclo del carbono*. Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA).
- LÓPEZ, A. (1998). *Aporte de los sistemas silvopastoriles al secuestro de carbono en el suelo*. Tesis Turrialba, Costa Rica.
- MAGFOR (2000). *Manejo integrado de cuencas hidrográficas de la región de Las Segovías*. Dirección de Estudios Territoriales. Managua.
- MARENA (1999). *Climate Change 1995. The Science of climate change*.
- PASOS, R. (1994). *El último despale: la frontera agrícola centroamericana*. San José, Costa Rica. FUNDESCO.
- RAPIDEL, B. (2000). *Proyecto de Manejo Sustentable de Laderas*. Informe de consultoría. Texcoco, México.
- RAPIDEL, B; PICADO, F; TÓRREZ, M. (1999). *Guía para comprender el cambio climático en Nicaragua*. Gráfica Editores. Managua.
- SÁNCHEZ, P. (1981). *Suelos del Trópico: Características y manejo*. IICA, San José, Costa Rica.
- SEGURA, M. (1999). *Metodología para estimar la cantidad de carbono en bosques naturales*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- VILLARET, A. (1994). *El enfoque sistémico aplicado al medio agrícola*. PRADDEM/CICDA, RURALTER.
- WALKLEY, A.; BLACK, C. A. (1938). "An examination of the Degtjareff's method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method". *Soil Science* 37: 29-38.

# ANEXOS

UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA  
FACULTAD DE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y AMBIENTE  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGRARIAS

## GUÍA DE ENCUESTA

Nombre del Productor: \_\_\_\_\_

Comarca: \_\_\_\_\_

Comunidad: \_\_\_\_\_

Municipio: \_\_\_\_\_

### 1. Datos generales de la unidad de producción

1.1. Edad del productor: \_\_\_\_\_ 1.2. Unidades de trabajo familiar: \_\_\_\_\_

1.3. Área total finca: \_\_\_\_\_

1.4. Tenencia de la tierra: Propia ( ); Alquilada ( ); Prestada ( ) 1.5. En que año se instaló como productor: \_\_\_\_\_

1.6. En cuántas parcelas o lotes tiene dividida su finca: \_\_\_\_\_ 1.7. Ud. realiza la contratación de jornaleros: Sí \_\_\_ No \_\_\_

1.8. Son trabajadores permanentes ( ) o temporales ( )



Nombre o Número	Mzs.	Uso (1)	Característica de la Parcela				Años de no quema	Observaciones
			Topografía (2)	Suelos (3)	Pendiente %	Otros (4)		

- (1) Gramíneas o leguminosas. Maíz, frijol, sorgo, arroz, etc.  
 (2) Plana, ondulada, quebrada, etc.; fondo de valle, vega, meseta, ladera, etc.  
 (3) Profundidad, presencia de piedras, textura, erosión, etc.  
 (4) Presencia de agua para ganado, mejoras, obras de conservación de suelos, etc.

### III: Sistemas de Cultivos en la UP

#### 3.1. Nivel tecnológico

Parcela	Sucesión de cultivos	Nivel tecnológico

#### Clasificación del nivel tecnológico:

- ☐ Preparación de suelo con tracción motorizada, animal o esqueje; referirse si hay combinaciones de ellas.
- ☐ Lucha contra malezas manual o química.
- ☐ Cosecha manual o mecanizada.
- ☐ Uso o no de fertilización, química u orgánica.
- ☐ Uso de semilla criolla o mejorada (semilla comprada o no)

- ☐ Uso de riego y drenaje.
- ☐ Uso de técnicas perennes como obras de conservación, fertilidad, etc.

## 3.2. Sucesiones de Cultivos Anuales a través del tiempo.

Parcela: I

Aspecto	2000			1999			1998			1997			1996		
	Prim	Pos	Apante	Prim	Pos	Apante	Prim	Pos	Apante	Prim	Pos	Apante	Prim	Pos	Apante
Cultivo															
Area															
Produce															
Rto															
Quema o no															

Parcela: I

Aspecto	1995			1994			1993			1992			1991		
	Prim	Pos	Apante	Prim	Pos	Apante	Prim	Pos	Apante	Prim	Pos	Apante	Prim	Pos	Apante
Cultivo															
Area															
Produce															
Rto															
Quema o no															

## OTRAS PUBLICACIONES PERIÓDICAS DE LA UCA



**Envío.** Es una revista de análisis político y de estudios socio-económicos. Posee un enfoque predominantemente nacional (Nicaragua) y regional (México, Centroamérica y el Caribe), pero aborda con regularidad temas sobre el nuevo orden internacional y ecología. Aparece cada mes y se publica en español, inglés e italiano. Dirección: Revista Envío. Apdo. postal A-194, Managua, Nicaragua. Tel: (505) 278-2557 / 277-4888. Fax: (505) 277-2583. E-mail: [envio@ns.uca.edu.ni](mailto:envio@ns.uca.edu.ni)



**Revista de Historia.** Es una publicación semestral del Instituto de Historia de Nicaragua y Centroamérica (IHNCA). Difunde los resultados de las investigaciones sobre la historia de Nicaragua y la región centroamericana realizadas por sus propios investigadores o por historiadores de otras instituciones nacionales o extranjeras. Dirección: Instituto de Historia de Nicaragua y Centroamérica. Apdo. postal C-186, Managua, Nicaragua. Tel: (505) 278-7317 / 278-7348. Fax: (505) 278-7342. E-mail: [ihn@ns.uca.edu.ni](mailto:ihn@ns.uca.edu.ni)



**Wani.** Es una revista especializada en la Costa Atlántica de Nicaragua. Sus artículos abordan el estudio de la sociedad, la cultura, la economía, la historia y los recursos naturales del caribe nicaragüense. Es una publicación trimestral editada por el Centro de Investigación y Documentación de la Costa Atlántica (CIDCA). Dirección: CIDCA. Apdo. postal A-189, Managua, Nicaragua. Tel.: (505) 278-0854 / 278-4930. Fax: (505) 278-4089. E-mail: [cidca@ns.uca.edu.ni](mailto:cidca@ns.uca.edu.ni)



**Taller de Historia.** Aparece dos veces al año. Es editada por el Instituto de Historia de Nicaragua y Centroamérica (IHNCA). Contiene textos y materiales bibliográficos destinados a servir de apoyo pedagógico a la enseñanza de la historia en las instituciones de Educación Superior. Dirección: Instituto de Historia de Nicaragua y Centroamérica. Apdo. postal C-186, Managua, Nicaragua. Tel.: (505) 278-7317 / 278-7348. Fax: (505) 278-7342. E-mail: [ihn@ns.uca.edu.ni](mailto:ihn@ns.uca.edu.ni)



**Cuadernos de investigación de Nitlapán.** Recogen los resultados de las investigaciones realizadas por el Instituto Nitlapán. Es una publicación de carácter monográfico, especializada en temas económicos. Dirección: Instituto Nitlapán. Apdo. postal A-242, Managua, Nicaragua. Tel.: (505) 278-0627/28 y 278-1343/44. Fax: (505) 267-0436. E-mail: [cedoc@ns.uca.edu.ni](mailto:cedoc@ns.uca.edu.ni)



**Revista Encuentro.** Fundada en el año de 1968, *Encuentro* es una publicación de la Universidad Centroamericana (UCA) de Managua. Es una revista con un perfil académico y científico, destinada a investigadores, profesores y estudiantes de la educación superior. El tema de cada número es establecido por el consejo Editorial de la revista. Se aceptan artículos que sean el resultado de investigaciones empíricas o de reflexiones teóricas o filosóficas sobre cualquier aspecto de la realidad nicaragüense. Dirección: Revista Encuentro. Apartado postal No. 69, Managua, Nicaragua. Teléfonos: (505) 278-3923/27 ext. 192 y 236. Fax: (505) 267-0106. Correo electrónico: [ucapubli@ns.uca.edu.ni](mailto:ucapubli@ns.uca.edu.ni)

